

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-163228

(43)Date of publication of application : 19.06.2001

(51)Int.Cl.

B62D 3/12

B62D 5/04

B62D 5/22

F16H 55/26

(21)Application number : 11-347893

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 07.12.1999

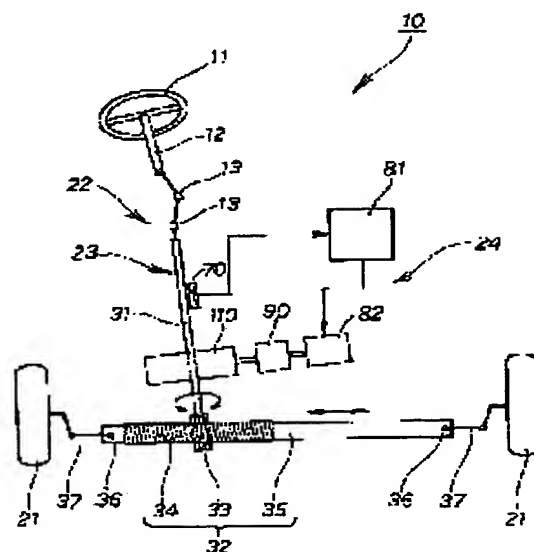
(72)Inventor : SHIMIZU YASUO
OYAMA YASU HARU
WATANABE KATSUJI
YAMAWAKI SHIGERU
YONEDA ATSUSHIKO
TERADA YASUHIRO

(54) MOTOR-DRIVEN POWER STEERING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance work accuracy of a pinion and a rack in a rack and pinion mechanism of a motor-driven power steering device.

SOLUTION: This motor-driven power steering device 10 generates auxiliary torque according to steering torque by an electric motor 82 to transmit this auxiliary torque to a rack and pinion mechanism 32 via a gear type speed reduction mechanism 110 to steer steering wheels 21, 21 by this rack and pinion mechanism 32. A pinion 33 or a rack 34 or both of the rack and pinion mechanism 32 are formed of a plastic working article such as a forged article. A tooth shape of the pinion 33 and the rack 34 is formed in a circular arc tooth shape.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

(11)特許出願公開番号

特開2001-163228

(P2001-163228A)

(43)公開日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テ-マ-ト* (参考)

B 6 2 D 3/12

5 0 3

B 6 2 D 3/12

5 0 3 Z 3 D 0 3 3

501B 3J030

5/04

5/04

5/22

5/22

F 1 6 H 55/26

F 1 6 H 55/26

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平11-347893

(22) 出願日

平成11年12月7日(1999.12.7)

(71)出題人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 清水 康夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(72)発明者 大山 泰晴

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(74) 代理人 100067356

弁理士 下田 容一郎

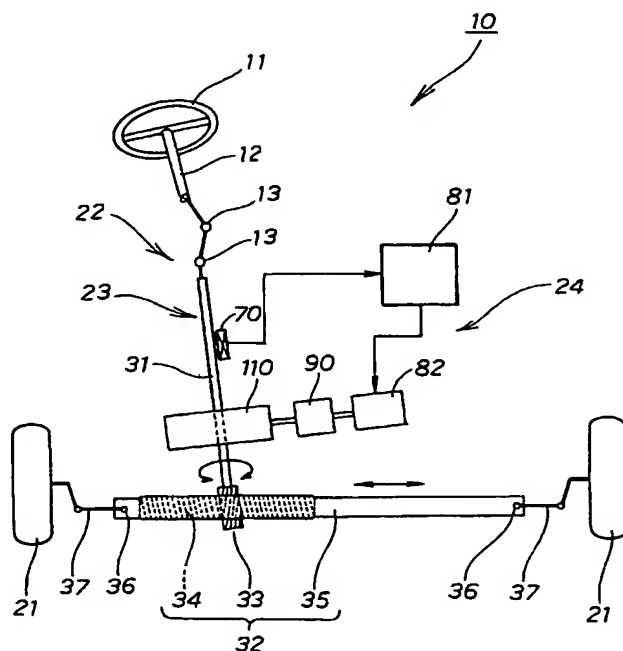
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 電動パワーステアリング装置のラックアンドピニオン機構において、ピニオンとラックの加工精度を高めること。

【解決手段】 電動パワーステアリング装置 10 は、電動機 82 で操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクを歯車式減速機構 110 を介してラックアンドピニオン機構 32 に伝達し、このラックアンドピニオン機構 32 によって操舵輪 21、21 を操舵するようにしたものである。ラックアンドピニオン機構 32 のピニオン 33 又はラック 34 あるいはその両方を、鍛造品等の塑性加工品にした。ピニオン 33 並びにラック 34 の歯形を円弧歯形にした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電動機で操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクを歯車式減速機構を介してラックアンドピニオン機構に伝達し、このラックアンドピニオン機構によって操舵輪を操舵するようにした電動パワーステアリング装置において、前記ラックアンドピニオン機構のピニオン又はラックあるいはその両方は鍛造品等の塑性加工品であり、ピニオン並びにラックの歯型は、少なくとも一方の歯車の歯末の面を、基準ピッチ線上をほぼ中心とする円弧面に形成し、少なくとも他方の歯車の歯元の面を、基準ピッチ線上をほぼ中心とする円弧面に形成した、円弧歯形であることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記ラック軸は、前記ラックを形成した面の背面を、ラックガイド部並びに圧縮ばねを介して調整ボルトにて前記ピニオン側へ押出すように構成したものであり、このピニオンにラックを噛み合わせた状態で、ラックガイド部の背面を調整ボルトで直接押すように構成したことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電動パワーステアリング装置の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ステアリングハンドルの操舵力を軽減して快適な操舵感を与えるために、電動パワーステアリング装置が多用されてきた。この種の電動パワーステアリング装置は、電動機で操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをステアリング系のラックアンドピニオン機構に伝達するものであって、例えば特開平9-193815号「電動パワーステアリング装置」（以下、「従来の技術」と言う。）が知られている。

【0003】上記従来の技術は、同公報の図4に示される通り、モータ11（番号は公報に記載されたものを引用した。以下同じ。）で操舵トルクに応じた補助トルク（補助出力）を発生し、この補助トルクを小傘歯車7bと大傘歯車7aを介して、ピニオン2aとラック軸5の組合せからなるラックアンドピニオン機構に伝達し、このラックアンドピニオン機構によって操舵輪を操舵するというものである。ラック軸5は丸棒状の軸であり、この軸のうち、ピニオン2aと対向する面にラックを形成したものである。ピニオン2aとラックの歯形は、一般にインボリュート歯形である。

【0004】上述のように、モータ11で発生した補助出力は、小傘歯車7bと大傘歯車7aとからなる減速機構を介して倍力され、さらに、倍力された補助出力はラックアンドピニオン機構によって補助推力となる。モータ11の補助出力は、減速機構の伝達効率 η_c とラック

アンドピニオン機構の伝達効率 η_r とにより定まる、複合効率 $\eta_T = \eta_c \times \eta_r$ でラック出力に変換されることになる。モータ11の補助出力と「 $1 - \eta_T$ 」との積は出力損失となり、各機構の摩耗や発熱などに変換され、システムの耐久性や発熱による出力の低下などを引き起こしていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、モータ11の補助出力を、減速機構とラックアンドピニオン機構とを介してラックの推力に変換する電動パワーステアリング装置においては、特にモータ出力の大きいシステムになるほど、この出力損失の影響が大きく、伝達効率 η_c と伝達効率 η_r とを向上することが望まれている。

【0006】そこで本発明の目的は、特に、ラックアンドピニオン機構の伝達効率を向上させることができる技術を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1は、電動機で操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクを歯車式減速機構を介してラックアンドピニオン機構に伝達し、このラックアンドピニオン機構によって操舵輪を操舵するようにした電動パワーステアリング装置において、ラックアンドピニオン機構のピニオン又はラックあるいはその両方が鍛造品等の塑性加工品であり、ピニオン並びにラックの歯型が、少なくとも一方の歯車の歯末の面を、基準ピッチ線上をほぼ中心とする円弧面に形成し、少なくとも他方の歯車の歯元の面を、基準ピッチ線上をほぼ中心とする円弧面に形成した、円弧歯形であることを特徴とする。

【0008】ピニオン並びにラックの歯型が円弧歯形であるから、インボリュート歯形よりも表面疲れ強さ、曲げ強さ、曲げ疲れ強さが大きい。補助トルクが通常の操作時より大きい場合であっても、十分に伝達することができる。さらには、ピニオン又はラックあるいはその両方が鍛造品等の塑性加工品であるから、歯面の精度が比較的良好であり、しかも、切削加工品のように歯面に加工傷がほとんど無く、極めて滑らかである。このため、歯面同士の摺動による摩擦力は極めて小さい。従って、ラックアンドピニオン機構の動力伝達効率が大きい。

【0009】請求項2は、ラック軸が、ラックを形成した面の背面を、ラックガイド部並びに圧縮ばねを介して調整ボルトにて前記ピニオン側へ押出すように構成したものであり、このピニオンにラックを噛み合わせた状態で、ラックガイド部の背面を調整ボルトで直接押すように構成したことを特徴とする。

【0010】操舵中にピニオンからラックへトルクを伝達するとき、ラック軸には軸長手方向の力と軸直角方向の力が作用する。軸直角方向の力はラックが後退してピニオンから離れる方向の力である。ガイド部の背面を調整ボルトで直接押しているため、軸直角方向の力によ

てラックが後退することはない。従って、ピニオンとラックは常に高い噛み合い精度を維持する。さらには、円弧歯形であるから噛み合いの接触面積が大きい。噛み合いの面圧が下がるので歯面の摺動は滑らかである。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面に基づいて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。図1は本発明に係る電動パワーステアリング装置の模式図である。電動パワーステアリング装置10は、車両のステアリングハンドル11から操舵輪（車輪）21、21に至るステアリング系22に介在した操舵機構23と、この操舵機構23に補助トルクを加える補助トルク機構24とからなる。

【0012】操舵機構23は、ステアリングハンドル11にステアリングシャフト12及び自在軸継手13、13を介して連結した入力軸31と、入力軸31に連結したラックアンドピニオン機構32とからなる。ラックアンドピニオン機構32は、入力軸31に設けたピニオン33と、ピニオン33に噛み合うためのラック34を設けたラック軸35とからなり、このラック軸35の両端に、左右のタイロッド37、37を介して左右の操舵輪21、21を連結したものである。

【0013】補助トルク機構24は、ステアリングハンドル11で発生したステアリング系22の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサ70と、操舵トルクセンサ70の検出信号に基づき制御信号を発生する制御手段81と、制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを発生する電動機82と、電動機82にトルクリミッタ90及び歯車式減速機構110を介して連結した上記入力軸31並びにラックアンドピニオン機構32とからなる。すなわち、操舵機構23に補助トルク機構24の補助トルクを付加するために、操舵機構23と補助トルク機構24とで、入力軸31並びにラックアンドピニオン機構32を共用するようにした。操舵トルクセンサ70は、操舵機構23に取付けたものである。

【0014】このような電動パワーステアリング装置10によれば、運転者がステアリングハンドル11を操舵することにより発生した操舵トルクを、入力軸31及びラックアンドピニオン機構32を介して、ラック軸35に伝達することができる。さらには、操舵トルクを操舵トルクセンサ70で検出し、この検出信号に基づき制御手段81で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動機82で発生し、補助トルクをトルクリミッタ90、歯車式減速機構110、入力軸31及びラックアンドピニオン機構32を介して、ラック軸35に伝達することができる。従って、運転者の操舵トルクに電動機82の補助トルクを加えた複合トルクにより、ラック軸35及び左右のタイロッド37、37を介して、左右の操舵輪21、21を操舵することができる。

【0015】図2(a)、(b)は本発明に係る操舵トルクセンサの原理図である。操舵トルクセンサ70は、鉄鋼材のように磁歪特性を有する入力軸31にトルクが作用したときに、このトルクに応じて生じる磁歪効果を電気コイルにて電気磁気的に検出する、磁歪式トルクセンサである。このような磁歪式トルクセンサは、特開平6-221940号公報「磁歪式トルクセンサ」に示されるように、公知のセンサである。以下、操舵トルクセンサ70の概要について説明する。

【0016】(a)に示す操舵トルクセンサ70は、概ね8の字状に形成した励磁コイル71と、励磁コイル71とほぼ同様の大きさで概ね8の字状に形成した検出コイル72とを、ほぼ同心上に互いに略直交させて重ね、これらの励磁・検出コイル71、72を1組の磁気ヘッド73として、入力軸31の外周面の近傍に配置したものである。すなわち、入力軸31の外周面に対向して、概ね8の字状の励磁コイル71を配置し、この励磁コイル71に概ね8の字状の検出コイル72を90°位相を変えた状態で重ね合わせた。この場合、励磁コイル71をなす8の字状の直線部分を、入力軸31の外周にほぼ平行又は軸方向にほぼ平行にして配置する。74は励磁電圧供給源、75は出力電圧増幅器である。

【0017】励磁電圧供給源74から励磁コイル71に20~100kHz程度の高周波数の交流電圧（励磁電圧）を供給すれば、トルクに基づく入力軸31の磁歪効果に対応して、検出コイル72にて励磁電圧と同じ周波数の交流電圧（出力電圧）を得ることができる。出力電圧は、入力軸31に作用するトルクの方によって、励磁電圧と同相又は逆相になる。このときの出力電圧の振幅は、トルクの大きさに比例する。従って、励磁電圧の位相を基準として、出力電圧を同期整流すれば、トルクの大きさと方向を検出することができる。

【0018】出力電圧は出力電圧増幅器75にて増幅され、操舵トルクセンサ70の検出信号として、制御手段81に発することになる。なお、入力軸31の磁化力が小さければ、励磁コイル71と検出コイル72の巻数を増し、これらの励磁・検出コイル71、72を1巻ずつ交互に配列することで、対応すればよい。

【0019】(b)に示す操舵トルクセンサ70は、励磁・検出コイル71、72からなる磁気ヘッド73を2組準備し、これら2組の磁気ヘッド73、73を、入力軸31の外周面の近傍に且つ入力軸31の軸線の対称位置に配置したものである。そして、出力電圧増幅器75で、検出コイル72、72からの出力電圧の差を増幅することにより、環境温度の変化に対してあまり変化しない操舵トルク信号を得ることができる。

【0020】上記(a)や(b)の操舵トルクセンサ70を採用することにより、従来の電動パワーステアリング装置において操舵トルクを検出する場合のように、入力軸31を長手方向に二分割して、これら分割軸間をト

ーションバーにて連結する必要がない。従って、入力軸31を簡素な構成にすることができるとともに、入力軸31を十分に長く設定することができる。しかも、図1に示す入力軸31に設けたピニオン33を加工する場合に、入力軸31を加工機械にセッティングすることが容易であり、加工精度を一層高めることができる。加工精度が高まると、ピニオン33とラック34との噛み合い精度も高まる。この結果、ラックアンドピニオン機構32の動力伝達効率を高めることができる。

【0021】図3は本発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図であり、左端部及び右端部を断面して表したものである。この図は、電動パワーステアリング装置10のラック軸35を、車幅方向（図左右方向）に延びるハウジング41に軸方向へスライド可能に収容したことを示す。ラック軸35は、ハウジング41から突出した長手方向両端にボールジョイント36、36をねじ結合し、これらのボールジョイント36、36に左右のタイロッド37、37を連結した軸である。ハウジング41は、図示せぬ車体に取付けるためのブラケット42、42を備えるとともに、長手方向両端部にストッパ43、43を取付けたものである。

【0022】ラック軸35が右へ所定量だけスライドすると、左のボールジョイント36の当接端面（ラックエンド）38がストッパ43に当る。ラック軸35が左へ所定量だけスライドすると、右のボールジョイント36の当接端面（ラックエンド）38がストッパ43に当る。このようにしてラック軸35の移動量を規制することで、左右の操舵輪21、21（図1参照）の最大操舵角を制限することができる。すなわち、ラック軸35が移動終端まで移動したときに、左右の操舵輪21、21の操舵角は最大になる。図中、44、44はダストシール用ブーツである。

【0023】図4は図3の4-4線断面図であり、電動パワーステアリング装置10の縦断面構造を示す。電動パワーステアリング装置10は、入力軸31、ラックアンドピニオン機構32、操舵トルクセンサ70、トルクリミッタ90（図1参照）、歯車式減速機構110をハウジング41に収納し、このハウジング41の上部開口をリッド45で塞いだものである。操舵トルクセンサ70は、ハウジング41又はリッド45に取付けたものである。

【0024】ハウジング41は、入力軸31の下端部及び長手中央部を、上下2個の軸受51、52を介して回転可能に支承することで、縦置きにセットしたものであり、ラックガイド60を備える。53はリッド取付ボルト、54は止め輪である。

【0025】ピニオン33並びにラック34は鍛造品（転造品を含む）等の塑性加工品であることを特徴とする。具体的には、入力軸31は、下部にピニオン33を一体に形成し、さらに下端部にねじ部55を形成すると

ともに、上端部をリッド45から外方へ突出したピニオン軸である。ラック34は、ラック軸35に一体に形成したものである。ねじ部55にナット56をねじ込むことで、入力軸31の長手方向（軸方向）の移動を規制することができる。57は袋ナット、58はオイルシール、59はスペーサである。

【0026】ラックガイド60は、ラック34と反対側からラック軸35に当てるガイド部61と、このガイド部61を圧縮ばね（調整ばね）62を介して押す調整ボルト63とからなる。このようなラックガイド60によれば、ハウジング41にねじ込んだ調整ボルト63にて、圧縮ばね62を介してガイド部61を適切な押圧力で押すことで、ガイド部61でラック34に予圧を与えて、ラック34をピニオン33に押し付けることができる。64はラック軸35の背面を滑らせる当て部材、65はロックナットである。

【0027】ラックガイド60は、ピニオン33にラック34を噛み合わせた状態で、ガイド部61の背面61aを調整ボルト63の先端63aで直接押すようにしたことを特徴とする。その理由を以下に述べる。

【0028】運転者の操舵トルクに電動機82（図1参照）の補助トルクを加えた複合トルクが、ピニオン33からラック34に伝達されるとき、ラック軸35には軸長手方向の力と軸直角方向の力が作用する。軸直角方向の力はラック34が後退してピニオン33から離れる方向の力であり、歯型の圧力角に応じて生じる分力である。特にこの分力は、ラック軸35が所定量だけスライドした後に移動が規制された場合には、通常の操作時よりも極めて大きくなる。従来のラックガイドは、ピニオン33にラック34を噛み合わせた状態で、ラック34と反対側からラック軸35にガイド部を当て、このガイド部を単に圧縮ばねを介して調整ボルトで押したものである。このため、大きな軸直角方向の力によって圧縮ばねが縮むので、ラック34が後退し得る。

【0029】これに対し、ピニオン33にラック34を噛み合わせた状態で、ガイド部61の背面61aを調整ボルト63の先端63aで直接押すようにした。このため、軸直角方向の力によって圧縮ばね62が縮みラック34が後退することはない。従って、ピニオン33とラック34の歯当り状態を常に良好に保つことができ、噛み合い精度を常に高い状態で維持することができる。

【0030】ところで、上記操舵トルクセンサ70については、次のような構成にすることができる。すなわち、入力軸31に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜77を所定幅で全周にわたって設け、この磁歪膜77に対向して、上記図2に示す励磁・検出コイル71、72を配置する。入力軸31を介して磁歪膜77にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜77に生じる磁歪効果を、検出コイル72にて電気磁氣的に検出することができる。磁歪膜77は、例えば、入

力軸31に気相メッキ法で形成したNi-Fe系の合金膜からなる、強磁性体膜である。

【0031】図5は図4の5-5線断面図であり、入力軸31と電動機82とトルクリミッタ90と歯車式減速機構110との関係を示す。電動機82は、出力軸83を横向きにしてハウジング41に取付け、ハウジング41内に出力軸83を延したものである。

【0032】歯車式減速機構110は、電動機82で発生した補助トルクを入力軸31に伝達するトルク伝達手段であって、駆動ギヤと従動ギヤの組合せ構造である、ウォームギヤ機構からなる。詳しくは、歯車式減速機構110は、電動機82の出力軸83にトルクリミッタ90を介して連結した伝動軸111と、伝動軸111に形成したウォーム112と、ウォーム112に噛み合うとともに入力軸31に結合したウォームホイール113とからなる。電動機82の補助トルクを、入力軸31を介してラックアンドピニオン機構32（図1参照）に伝達することができる。

【0033】伝動軸111は、出力軸83と同心上に配置し、2個の軸受114、115を介してハウジング41にて回転可能に支承した軸である。ハウジング41は、出力軸83に近い位置にある第1軸受114を軸方向移動不能に取付け、出力軸83から遠い位置にある第2軸受115を軸方向移動可能に嵌合したものである。さらには、第2軸受115の外輪の端面を、板ばね116を介して調整ボルト117で出力軸83側に押している。調整ボルト117と薄板円盤状の板ばね116の押圧力にて、第1・第2軸受114、115に予圧を与えることで、伝動軸111の軸方向の遊びがないように調整する、すなわち、ガタ取りすることができる。しかも、ウォーム112の軸方向変位を調整して、ウォーム112とウォームホイール113の噛み合いを、適切な摩擦を保ちつつガタが無いように調整することができる。また、板ばね116の弾性力により、伝動軸111の軸方向の熱膨張等を吸収することができる。118はロックナット、119は止め輪である。

【0034】図6は本発明に係るトルクリミッタの断面図である。本発明は、電動機82と歯車式減速機構110との間にトルクリミッタ90を介在させたことを特徴とする。トルクリミッタ90は、電動機82の出力軸83にセレーション結合したインナ部材91を、伝動軸111にセレーション結合した筒状のアウタ部材93に嵌合したトルク制限機構である。

【0035】インナ部材91は外周面92を、伝動軸111の先端に向って先細りテーパとした雄部材である。アウタ部材93は内周面94を、インナ部材91の外周面92が嵌合するべく先広がりテーパとした雌部材である。テーパ状の外周面92をテーパ状の内周面94に嵌合し、インナ部材91の後端面95を皿ばね96で弾発しつつ止め輪97で抜け止めすることで、トルクリミッ

タ90を組立ることができる。101はスペーサ、102はワッシャ、103は皿ばねである。

【0036】皿ばね96の弾発力で、外周面92を内周面94に押し付けて予圧を与えることにより、外周面92を内周面94に所定の摩擦力を有して、連結することができる。このようなトルクリミッタ90であるから、所定の摩擦力を上回る大きなトルクが作用すると、外周面92と内周面94との間がスリップする。この結果、電動機82から歯車式減速機構110へ伝達する補助トルクを制限、すなわち、オーバートルクをカットすることができる。従って、電動機82に過大なトルクが発生することはなく、また、負荷側に過大なトルクが伝わることもない。

【0037】さらには、インナ部材91をアウタ部材93にテーパにて嵌合したので、両者の組立精度は高く、心合せも容易である。従って、出力軸83に対する伝動軸111の組立精度は高く、心合せも容易である。また、比較的高速回転する電動機82と歯車式減速機構110との間に、トルクリミッタ90を介在させたので、トルクリミッタ90が小さくてすみ、トルクリミッタ90の小型化、低コスト化を図ることができる。小型のトルクリミッタ90であるから配置スペースが少なくすむので、ハウジング41に収納することが容易である。

【0038】図7(a)、(b)は本発明に係るラック軸の構成図であって、(a)はラック軸35の斜視図、(b)は(a)のb-b線断面図である。ラック軸35は直径D1の丸棒であって、長手途中にラック34を形成したものである。ラック34を形成する部分39の長さMは、操舵輪21、21（図1参照）を左右に最大操舵角だけ操舵するために所定量だけスライド可能な長さである。R1はラック軸の中心である。

【0039】本発明は(b)に示すように、ラック軸35に形成したラック34の歯幅W1を、ラック34が無い部分におけるラック軸35の径D1よりも大きく設定したことを特徴とする(W1>D1)。ラック34を形成する部分39は、ラック形成面が平坦な略半円状断面を呈するとともに、歯幅W1を大きくした分に見合うだけ肉厚T1を小さくしたものである。肉厚T1は、ラック34の歯先からラック軸35背面までの厚みであり、当然のことながら、径D1よりも小さい(T1<D1)。このように、ラック軸35のうちラック34の歯幅だけを大きくしたので、ラック軸35の重量を抑制することができる。

【0040】このように、ラック34の歯幅W1を大きく設定したので、ラック34の機械的強度（曲げ強さや面圧強さ）は大幅に高まる。一方、ラック軸35のうちラック34が無い部分は、操舵輪を操舵するべくスライドするだけであるから、従来と同様の剛性を有するものであればよい。このため、ラック軸35のうちラック34の歯幅W1だけを大きく設定し、その分だけ肉厚T1

を小さくした。肉厚 T_1 がラック軸35の径 D_1 より小さいので、ラック34を形成する部分39は、ラック軸の中心 R_1 からピニオン側(図4参照)へ偏位したものである。この結果、ラック軸35の断面積に対して、ラックを形成する部分39の断面積はほとんど同一であり、ラックを形成する部分39の幅 W_1 がラック軸35の径 D_1 より大きいにもかかわらず、ラック軸35の重量はほとんど変わらない。このため、ラック軸35の重量を抑制することができる。

【0041】以上をまとめると、ラック34の歯幅 W_1 を大きく設定したことにより、ラック軸35の重量を抑制しつつ、ピニオン33並びにラック34の機械強度(曲げ強さや面圧強さ)を高めることができる。なお、ラック34と反対側からラックガイド60(図4参照)にてピニオン33側へ押しているの、肉厚 T_1 が小さいことによる、ラック軸35の曲げ剛性については実質的に影響が無い。

【0042】図8(a)～(c)は本発明に係るラック軸の製造手順図であり、ラック軸35を鍛造にて製造した場合の軸断面を示す。ラック軸35を製造するには、先ず(a)において、鉄鋼材からなる丸棒35Aのうち、ラックを形成する部分39のみを想像線にて示す略半円断面形状になるまで鍛造で成形する。丸棒35Aのうち、ラックを形成する部分39の背面39aから後部までの断面積 A_1 は、ラックを形成する部分39の突出した下部39b又は上部39cの断面積 A_2 に概ね相当する。すなわち、ラックを形成する部分39を幅 W_0 に鍛造することによって、断面積 A_1 と断面積 A_2 とが概ね同一になり、その結果、厚み T_2 が定まる。従って、実線にて示す丸棒35Aの断面積に対して、想像線にて示すラックを形成する部分39の断面積はほとんど同一であり、ラックを形成する部分39の幅 W_0 が丸棒35Aの径より大きいにもかかわらず、ラック軸35の重量はほとんど変わらない。

【0043】鍛造によって得られた、ラックを形成する部分39の断面形状を(b)に示す。その後、(c)において、ラックを形成する部分39の全表面を切削加工により滑らかにするとともに、平坦面(ラック形成面)39dに転造加工等でラック34を形成して、作業を完了する。

【0044】図9(a)～(d)は本発明に係るラックアンドピニオン機構の構成図である。なお、理解を容易にするために、ラック34よりも図手前側にピニオン33を配置して表した。 L_1 はピニオンの中心、 R_2 はラックの歯面に直角な線である。

【0045】(a)は、ラックアンドピニオン機構32のピニオン33並びにラック34を「はすば歯車(ヘリカルギヤ)」としたことを示す。すなわち、ピニオン33は、はすばピニオンであり、ラック34は、はすばラックである。例えば、ピニオン33をなす「はすば歯

車」とは、(b)に示すように、基準ピッチ面となる円筒33aの周面と歯面33bとの交線である、歯すじ33cが、所定のねじれ角 θ を有したつる巻線である、円筒歯車を言う。「ねじれ角 θ 」とは、つる巻線33dとつる巻線33dを考える円筒33aの母線33eとのなす、鋭角 θ を言う。

【0046】(c)は、ラック34をなす「はすば歯車」の部分拡大斜視図であり、はすば歯車のねじれ角が、ピニオン33をなす「はすば歯車」のねじれ角 θ と同一であることを示す。本発明は、ピニオン33並びにラック34をなす、はすば歯車のねじれ角 θ を、はすば歯車の摩擦角を越えない範囲に設定したことを特徴とする。その理由については後述する。

【0047】(d)は、ピニオン33並びにラック34をなす「はすば歯車」の歯形の拡大断面図であり、はすば歯車の歯形が円弧歯形であることを示す。円弧歯形の歯車については、「[新しい歯車とその応用]円弧歯形歯車」(機械設計・第26巻第3号(1982年3月号)第47頁～第51頁、日刊工業新聞社発行)の文献等によって知られている。以下、円弧歯形の概要について説明する。

【0048】円弧歯形の歯車とは、1組の歯車のうち、少なくとも一方の歯車の歯末の面を、基準ピッチ線 P_i 上をほぼ中心とする円弧面に形成し、少なくとも他方の歯車の歯元の面を、基準ピッチ線 P_i 上をほぼ中心とする円弧面に形成した、円弧歯形を有する歯車であって、 W/N 歯車とも言う。円弧歯形の歯車には、対称形の円弧歯形と非対称形の円弧歯形がある。ここで、歯元の面とは、歯底曲面と基準ピッチ線 P_i との間にある歯面の部分であり、歯末の面とは、歯先曲面と基準ピッチ線 P_i との間にある歯面の部分である。

【0049】ピニオン33において、対称形の円弧歯形とは、(d)に示すように、歯末の面33fを円弧面に形成するとともに歯元の面33gも円弧面に形成、すなわち、歯末の面33fと歯元の面33gとを、基準ピッチ線 P_i に対してほぼ点対称形の円弧面に形成した円弧歯形であり、例えば、ノビコフ歯車第3種やシンマーク歯車がある。 r は円弧面の半径である。ラック34における、対称形の円弧歯形も、上記ピニオン33における対称形の円弧歯形と同一であって、歯末の面34aと歯元の面34bとを、基準ピッチ線 P_i に対してほぼ点対称形の円弧面に形成したものである。

【0050】一方、非対称形の円弧歯形とは、1組の歯車のうち、一方の歯車の歯を、基準ピッチ線 P_i 上をほぼ中心とする歯末円弧だけで形成し、他方の歯車の歯を、基準ピッチ線 P_i 上をほぼ中心とする歯元円弧だけで形成した円弧歯形であり、例えば、ノビコフ歯車第1、2種やサーカーク歯車がある。本発明においては、はすば歯車の歯形を、対称形の円弧歯形にすることが、より好ましい。

【0051】インボリュート歯形の正面歯形は凸面なので、1組の歯車の噛み合いが凸面と凸面との接触（噛み合い）である。これに対して本発明は、はすば歯車の歯形を円弧歯形にした。円弧歯形の正面歯形は、1組の歯車の噛み合いが凹面と凸面との接触（噛み合い）である。歯すじ方向の相対曲率半径が大きいので、負荷が作用したときには、接触線が大きな面積を有した領域となる。一般に、円弧歯形の強度はインボリュート歯車に比べて、表面疲れ強さが6～7倍、曲げ強さが1.5～1.6倍、曲げ疲れ強さが1.5～1.6倍である。さらには、円弧歯形であるから、従来のインボリュート歯形に比べて歯元の面33g、34bに丸みがある。従って、衝撃並びに疲労強さにおけるノッチ効果を低減することができ、この結果、歯部の曲げ強さをより一層高めることができる。

【0052】ピニオン33並びにラック34を上述の円弧歯形のはすば歯車にしたことにより、これらの歯車の強度をより一層高めることができ、例えば、次のようなときに効果を発揮する。左右の操舵輪を最大操舵角まで操舵したとき、すなわち、上記図3においてラック軸35が移動終端まで移動したとき、左のボールジョイント36がストッパ43に当たったり、右のボールジョイント36がストッパ43に当たることで、ラック34（図1参照）は即時に停止する。このとき、通常の操舵時よりも極めて大きなトルクが、ピニオン33（図1参照）とラック34とに作用する。このような場合であっても、強度を高めたピニオン33並びにラック34は、大トルクを十分に受けることができる。

【0053】さらには、ピニオン33並びにラック34の歯形を円弧歯形にしたので、1組の歯車の噛み合いが凹面と凸面との接触であり、インボリュート歯形の場合よりも噛み合いの接触面積が大きい。噛み合いの面圧が下がる（接触面圧がインボリュート歯形の約1/6に低減する）ので、歯面の撓動は滑らかになる。しかも円弧歯形の歯車は、周知のように滑り軸受に極めて近い接触をする歯車である。滑り軸受の接触は、接触状態が一樣であるという長所を有している。その長所をそのまま、円弧歯形の歯車の接触にも活かすことができる。従って、歯面同士の撓動による摩擦力が著しく低減する。

【0054】ところで、上記図4において、電動機82の慣性による大きな負荷トルクがラックアンドピニオン機構32に作用したとき、これに伴う大きな軸直角方向の力がラック軸35に作用する。この力によってラック軸35が後退しないように、ラックガイド部61の背面を調整ボルト63で直接押して支えているにもかかわらず、歯面同士の撓動による摩擦力が低減するので、ラックアンドピニオン機構32の動力伝達効率が高めることができるとともに、ステアリングハンドル11（図1参照）の良好な操舵感覚を維持することができる。

【0055】さらには、歯面同士の撓動による摩擦力が

小さいので、負荷が大きい据え切り操舵時（停車した状態で操舵するとき）であっても、電動機82からの補助トルクをピニオン33からラック軸35へ効率良く伝達することができる。この結果、従来のインボリュート歯形を用いた場合に比べて、補助トルクが小さくてすみ、消費電力の少ない電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【0056】図10は本発明に係るピニオン並びにラックの歯形の模式図であり、ピニオン33の歯形並びにラック34の歯形の繊維組織Sが、歯形に沿って連続して流れていることを示す。繊維組織Sとは、一般に金属繊維（加工繊維）とも言われているものであって、鍛造品の場合には鍛流線と称する。上述のように、ピニオン33並びにラック34は塑性加工品であり、ピニオン33並びにラック34の歯形は円弧歯形である。

【0057】塑性加工品とは、冷間又は熱間で素材に塑性変形を与えて所定の形状・寸法に製造した物であり、例えば転造品等の回転加工品や鍛造品がある。転造加工は回転加工の一種であり、本発明においては鍛造加工に包含する。転造加工によってピニオン33の歯形並びにラック34の歯形を造るには、歯車の歯形を有する工具を素材に徐々に押し付けて、所定の歯形を造っていくことになる。転造加工によれば、生産性が高く連続生産が可能である。

【0058】切削加工の歯車に対する塑性加工の歯車の長所としては、次の点がある。

（1）図に示すように、歯形に沿って連続した繊維組織Sが得られるので強度が増し、繊維組織Sが切断されている切削加工の歯車に比べて、歯部の曲げ強さと耐摩耗性が大きい。

【0059】（2）切削加工による残留応力が歯面に発生しないので、焼入れ時の変形が少ない。従って、円弧歯車の仕上り精度を確保するために焼入れ後の歯型修正をしなくても、良好な噛み合い状態を維持することができる。このため、加工工程を短縮することができるとともに、生産性を高めることができる。

【0060】（3）切削加工による歯車は、歯面を加工する工具の刃先形状と工具の送り速度によって決定される表面の凹凸（歯面の加工傷）が有る。これに対して、塑性加工による歯車は、切削加工品のような表面の凹凸（歯面の加工傷）が無く、均一な歯面粗さにすることができるので、歯の表面粗さ状態が良好であって極めて滑らかであり、寸法精度のバラツキも少ない。このように、歯面の精度が良好になり、一定水準以上の寸法精度を維持することが容易であり、しかも、切削加工品のように歯面に加工傷がほとんど無く、極めて滑らかである。このため、歯面同士の撓動による摩擦力は極めて小さい。従って、ラックアンドピニオン機構の動力伝達効率が大きく、噛み合い騒音も小さい。

【0061】次に、電動パワーステアリング装置の変形

例について、図11～図17に基づき説明する。なお、上記図1～図10の構成と同じ構成については同一符号を付し、その説明を省略する。図11(a), (b)は本発明に係る電動パワーステアリング装置(第1変形例)の模式図であり、(a)はラックアンドピニオン機構32周りの平面断面図、(b)は(a)のb-b線断面図である。第1変形例は、符号35Bで示すラック軸としてパイプ材を使用したことを特徴とする。ラック軸35Bは長手方向両端にボールジョイント36、36を結合するめねじ35a、35aを形成するとともに、ピニオン33と対向する面にラック軸35Bの中心R1から所定寸法Y1だけ離れた平坦面35bを形成し、この平坦面35bにラック34を形成したことを示す。

【0062】図12は本発明に係る電動パワーステアリング装置(第1変形例)のラック軸の製造手順図であり、ラック軸35Bを塑性加工にて製造した場合の各断面構造を示す。ラック軸35Bを製造するには、次の①～⑦の手順による。

- ①鋼管からなるパイプ材35Cを準備する。
 - ②パイプ材35Cの一端を絞り込んで、ねじ形成部35cを形成する。
 - ③パイプ材35Cの長手途中をプレスにて平坦状に潰して、平坦面35bを形成する。この結果をa-a線断面図に示す。
 - ④平坦面35bに塑性加工、例えば転造加工にてラック34を形成する。この結果をb-b線断面図に示す。
 - ⑤パイプ材35Cをしごき押し出し加工によって変肉加工する。これによって、パイプ材35Cに厚肉部35dと薄肉部35eができる。
 - ⑥パイプ材35Cの他端を絞り込んで、ねじ形成部35fを形成する。
 - ⑦左右のねじ形成部35c、35fにめねじ35a、35aを形成する。
- 以上でラック軸35Bが完成する。

【0063】図13は本発明に係る電動パワーステアリング装置(第2変形例)の模式図である。第2変形例の電動パワーステアリング装置200は、操舵機構23の第1ラックアンドピニオン機構232と補助トルク機構24の第2ラックアンドピニオン機構332とに、分離したことを特徴とする。第1ラックアンドピニオン機構232は、入力軸31に設けた第1ピニオン233と、第1ピニオン233に噛み合うための第1ラック234を設けたラック軸235とからなる。第1ピニオン233並びに第1ラック234は、操舵トルクのみを伝達するものであるから、インボリュート歯形でよい。

【0064】第2変形例における補助トルク機構24は、歯車式減速機構110にピニオン軸331を介して第2ラックアンドピニオン機構332を連結したものである。第2ラックアンドピニオン機構332は、ピニオン軸331に設けた第2ピニオン333と、第2ピニオ

ン333に噛み合う第2ラック334とからなる。第2ラック334は、第1ラックアンドピニオン機構232のラック軸235に設けたものである。すなわち、第1ラックアンドピニオン機構232のラック軸235が、第2ラックアンドピニオン機構332のラック軸を兼ねる。

【0065】このような電動パワーステアリング装置200によれば、運転者がステアリングハンドル11を操舵することにより発生した操舵トルクを、入力軸31及び第1ラックアンドピニオン機構232を介して、ラック軸235に伝達することができる。さらには、操舵トルクを操舵トルクセンサ70で検出し、この検出信号に基づき制御手段81で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動機82で発生し、補助トルクをトルクリミッタ90、歯車式減速機構110、ピニオン軸331及び第2ラックアンドピニオン機構332を介して、ラック軸235に伝達することができる。従って、運転者の操舵トルクに電動機82の補助トルクを加えた複合トルクによって、ラック軸235及び左右のタイロッド37、37を介して、左右の操舵輪21、21を操舵することができる。

【0066】図14は本発明に係る電動パワーステアリング装置(第2変形例)の全体構成図であり、操舵機構23と補助トルク機構24とをハウジング41に並列にして取付けたことを示す。

【0067】図15は図14の15-15線断面図であり、操舵機構23の縦断面構造を示す。第2変形例の操舵機構23は、入力軸31、操舵トルクセンサ70、第1ラックアンドピニオン機構232をハウジング41に収納し、このハウジング41の上部開口をリッド45で塞いだものである。ハウジング41は縦置きにセットしたものであり、第1ラックガイド260を備える。第1ピニオン233並びに第1ラック234は転造品等の塑性加工品である。具体的には、入力軸31に第1ピニオン233を一体に形成し、ラック軸235に第1ラック234を一体に形成した。

【0068】第1ラックガイド260は、第1ラック234と反対側からラック軸235に当てるガイド部261と、このガイド部261を圧縮ばね262を介して押す調整ボルト263とからなる。このような第1ラックガイド260によれば、ハウジング41にねじ込んだ調整ボルト263にて、圧縮ばね262を介してガイド部261を適切な押圧力で押すことで、ガイド部261で第1ラック234に予圧を与えて、第1ラック234を第1ピニオン233に押し付けることができる。264はラック軸235の背面を滑らせる当て部材、265はロックナットである。第1ラックガイド260は、この図に示すように第1ピニオン233に第1ラック234を噛み合わせた状態で、ガイド部261の背面261aを、調整ボルト263の先端263aで直接押すように

したものである。

【0069】図16は図14の16-16線断面図であり、補助トルク機構24の縦断面構造を示す。補助トルク機構24は、トルクリミッタ90（図13参照）、歯車式減速機構110、ピニオン軸331、第2ラックアンドピニオン機構332をハウジング41に収納し、このハウジング41の上部開口をリッド46で塞いだものである。ハウジング41は、ピニオン軸331の下端部及び長手中央部を、上下2個の軸受351、352を介して回転可能に支承することで、縦置きにセットしたものであり、第2ラックガイド360を備える。353はリッド取付ボルト、354は止め輪である。

【0070】第2ピニオン333並びに第2ラック334は転造品等の塑性加工品である。具体的には、ピニオン軸331は、下部に第2ピニオン333を一体に形成し、さらに下端部にねじ部355を形成したものである。第2ラック334は、ラック軸235に一体に形成したものである。このような第2ピニオン333並びに第2ラック334は「はすば歯車」であり、はすば歯車の歯形が円弧歯形である。この点は、上記ピニオン33並びにラック34と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。ねじ部355にナット356をねじ込むことで、ピニオン軸331の長手方向（軸方向）の移動を規制することができる。357は袋ナット、359はスペーサである。

【0071】第2ラックガイド360は、第2ラック334と反対側からラック軸235に当てるガイド部361と、このガイド部361を圧縮ばね362を介して押す調整ボルト363とからなる。このような第2ラックガイド360によれば、ハウジング41にねじ込んだ調整ボルト363にて、圧縮ばね362を介してガイド部361を適切な押圧力で押すことで、ガイド部361で第2ラック334に予圧を与えて、第2ラック334を第2ピニオン333に押し付けることができる。364はラック軸235の背面を滑らせる当て部材、365はロックナットである。第2ラックガイド360は、この図に示すように第2ピニオン333に第2ラック334を噛み合わせた状態で、ガイド部361の背面361aを、調整ボルト363の先端363aで直接押すようにしたものである。

【0072】なお、この図のX-X線断面の構成は、上記図5に示す電動機82とトルクリミッタ90と歯車式減速機構110との関係からなる構成と同一であるので省略する。但し第2変形例においては、上記図5に示す入力軸31がピニオン軸331に代る。

【0073】図17（a）～（d）は本発明に係るラック軸（第2変形例）の構成図であって、（a）はラック軸235の正面図、（b）はラック軸235の平面図、（c）は（a）のc-c線断面図、（d）は（a）のd-d線断面図である。ラック軸235は直径D1の丸棒

であって、長手途中に第1ラック234及び第2ラック334を形成したものである。第1ラック234を形成する部分の長さM及び第2ラック334を形成する部分239の長さMは、操舵輪21、21（図11参照）を左右に最大操舵角だけ操舵するために所定量だけスライド可能な長さである。P1は第1ピニオンの中心、P2は第2ピニオンの中心である。

【0074】（c）は、丸棒からなるラック軸235のうち、第1ピニオンと対向する面にラック軸の中心R1から所定寸法Y2だけ離れた平坦面235aを形成し、この平坦面235aに第1ラック234を形成したことを示す。第1ラック234の歯幅W2はラック軸235の径D1よりも小さい（ $W2 < D1$ ）。

【0075】（d）は、ラック軸235に形成した第2ラック334の歯幅W1を、第2ラック334が無い部分におけるラック軸235の径D1よりも大きく設定したことを特徴とする（ $W1 > D1$ ）。（d）に示す第2ラック334の断面構造は、上記図7（b）に示すラック34の断面構造と同一である。

【0076】以上をまとめると、第2変形例の電動パワーステアリング装置200においても、第2ラック334の歯幅W1を大きく設定したことにより、ラック軸235の重量を抑制しつつ、第2ピニオン333（図16参照）並びに第2ラック334の機械強度（曲げ強さや面圧強さ）を高めることができる。

【0077】なお、上記実施の形態並びに各変形例において、トルクリミッタ90は、摩擦式トルクリミッタに限定されるものではない。また、歯車式減速機構110は、ウォームギヤ機構に限定されるものではなく、例えば、ベベルギヤ機構や平歯車機構であってもよい。さらに、ラックアンドピニオン機構32、232、332は、ピニオン33、233、333又はラック34、234、334あるいはその両方を、鍛造品等の塑性加工品にしたものであればよい。さらにまた、上記第2変形例において、ラック軸235に形成した第2ラック334を延長して、第1ラック234を兼ねてもよい。その場合の第1ピニオン233並びに第1ラック234は、第2ピニオン333並びに第2ラック334と同一の、はすば歯車で且つ円弧歯形である。

【0078】

【発明の効果】本発明は上記構成により次の効果を発揮する。請求項1は、ラックアンドピニオン機構のピニオン並びにラックの歯形を円弧歯形としたものである。従来のインボリュート歯形は凸面なので、1組の歯車の噛み合いが凸面と凸面との接触である。これに対して請求項1の円弧歯形は、1組の歯車の噛み合いが凹面と凸面との接触である。この結果、接触面積が大きくなるので接触面圧がインボリュート歯形の約1/6に低減する。このように、ラックアンドピニオン機構のピニオン並びにラックの歯形を円弧歯形とすることによって、歯車の

強度をより一層高めることができる。補助トルクが通常の操作時よりも大きい場合であっても、大強度のピニオン並びにラックで十分に伝達することができる。従って、電動機の慣性による大きな負荷トルクに対して十分な強度と耐久性を有するラックアンドピニオン機構を備えた電動パワーステアリング装置を、小型で安価にすることができる。しかも、円弧歯形であるから、従来のインボリュート歯形に比べて歯元の面に丸みがある。従って、衝撃並びに疲労強さにおけるノッチ効果を低減することができる。この結果、ピニオン並びにラックの歯部の曲げ強さをより一層高めることができる。

【0079】さらに請求項1は、ピニオン又はラックあるいはその両方を鍛造品等の塑性加工品にしたものである。従来のピニオンやラックは切削加工品であるから、歯面を加工する工具の刃先形状と工具の送り速度によって決定される表面の凹凸（歯面の加工傷）が有る。これに対して請求項1のピニオン又はラックあるいはその両方は塑性加工品であるから、切削加工品のような表面の凹凸（歯面の加工傷）が無く、歯の表面粗さ状態が良好であって極めて滑らかである。このように、ピニオン又はラックあるいはその両方を鍛造品等の塑性加工品としたので、歯面の精度が比較的良好であり、しかも、切削加工品のように歯面に加工傷がほとんど無く、極めて滑らかである。このため、歯面同士の摺動による摩擦力は極めて小さい。従って、ラックアンドピニオン機構の動力伝達効率が高まる。

【0080】さらにまた、塑性加工品としたので、切削加工による残留応力が歯面に発生せず、歯面に焼き入れた時の変形が少ない。従って、焼入れ後の歯型修正をしなくても、歪みの少ない良好な状態になる。つまり、塑性加工品であるから、歯の表面粗さ状態は、工具による凹凸や焼き入れによる歪みの少ない良好な状態になる。このため、生産性を高めることができる。しかも、塑性加工品としたので、歯形に沿って連続した繊維組織が得られることから強度が増し、繊維組織が切断されている切削加工の歯車に比べて、歯部の曲げ強さと耐摩耗性が大きい。

【0081】以上のように、ピニオン並びにラックの歯形を円弧歯形とし、この円弧歯形のピニオン並びにラックを鍛造品等の塑性加工品とすることにより、接触面圧を低減させ、表面粗さ状態を良好にし、潤滑油の油膜が切れることを防止することができる。これにより、歯面の接触抵抗が大幅に低減し、ラックアンドピニオン機構の動力伝達効率が向上するので、モータ出力損失の少ない電動パワーステアリング装置を提供することができる。さらに、円弧歯形のピニオン並びにラックを鍛造品等の塑性加工品とすることにより、材料の機械的性質が向上し、歯元応力が向上するとともに、摩耗も少なくなり、強度、耐久性に優れた電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【0082】請求項2は、ピニオンにラックを噛み合わせた状態で、ガイド部のうち凹状先端を形成した面の背面を、調整ボルトで直接押すようにしたことにより、ラックが押し返されることがないので、歯当り状態を常に良好に保ち、ピニオンとラックの噛み合い精度を常に高い状態で維持することができる。従って、ラックアンドピニオン機構の動力伝達効率を常に高い状態で維持し、動力伝達効率の安定化を図ることができる。特に、負荷が大きい据え切り操舵時であっても、電動機からの補助トルクをピニオンからラック軸へ効率良く伝達することができる。この結果、従来のインボリュート歯形を用いた場合に比べて、補助トルクが小さくすみ、消費電力の少ない電動パワーステアリング装置を提供することができる。さらに、円弧歯形を鍛造等の塑性加工にて形成してあるので、歯面の摩耗が少ない。従って、調整ばねを介して押え付けなくてもガタの少ないラックアンドピニオン機構を備えた、電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【0083】さらには、ピニオン並びにラックの歯形を円弧歯形にしたので、インボリュート歯形よりも噛み合いの接触面積が大きい。噛み合いの面圧が下がるので歯面の摺動は滑らかになる。電動機の慣性による大きな負荷トルクがラックアンドピニオン機構に作用したとき、これに伴う大きな軸直角方向の力に対して、ラック軸が後退しないように調整ボルトで直接支えているにもかかわらず、ステアリングハンドルの良好な操舵感覚を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電動パワーステアリング装置の模式図

【図2】本発明に係る操舵トルクセンサの原理図

【図3】本発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図4】図3の4-4線断面図

【図5】図4の5-5線断面図

【図6】本発明に係るトルクリミッタの断面図

【図7】本発明に係るラック軸の構成図

【図8】本発明に係るラック軸の製造手順図

【図9】本発明に係るラックアンドピニオン機構の構成図

【図10】本発明に係るピニオン並びにラックの歯形の模式図

【図11】本発明に係る電動パワーステアリング装置（第1変形例）の模式図

【図12】本発明に係る電動パワーステアリング装置（第1変形例）のラック軸の製造手順図

【図13】本発明に係る電動パワーステアリング装置（第2変形例）の模式図

【図14】本発明に係る電動パワーステアリング装置（第2変形例）の全体構成図

【図15】図14の15-15線断面図

【図16】図14の16-16線断面図

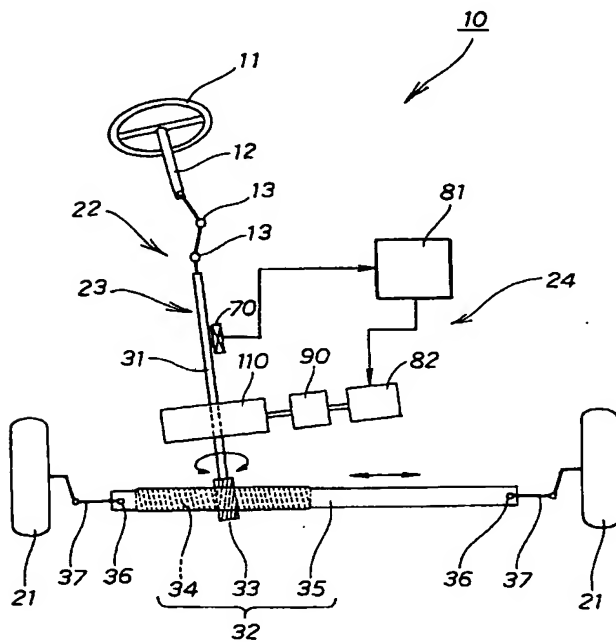
【図17】本発明に係るラック軸（第2変形例）の構成図

【符号の説明】

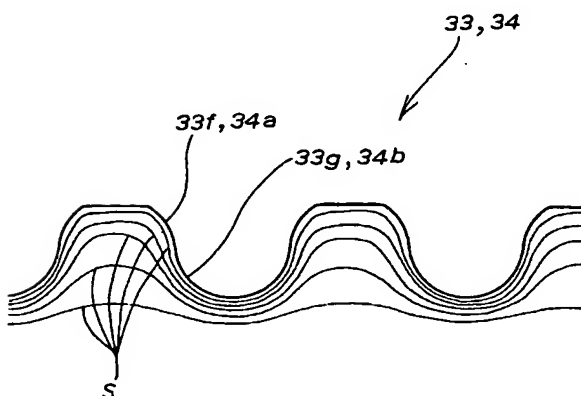
10, 200…電動パワーステアリング装置、21…操舵輪（車輪）、31…入力軸、32, 232, 332…ラックアンドピニオン機構、33, 233, 333…ピ

ニオン、33f…歯末の面、33g…歯元の面、34, 234, 334…ラック、34a…歯末の面、34b…歯元の面、35, 235…ラック軸、60, 260, 360…ラックガイド、61, 261, 361…ラックガイド部、62, 262, 362…圧縮ばね、63, 263, 363…調整ボルト、82…電動機、110…歯車式減速機構、331…ピニオン軸、D1…ラック軸の径、Pi…基準ピッチ線。

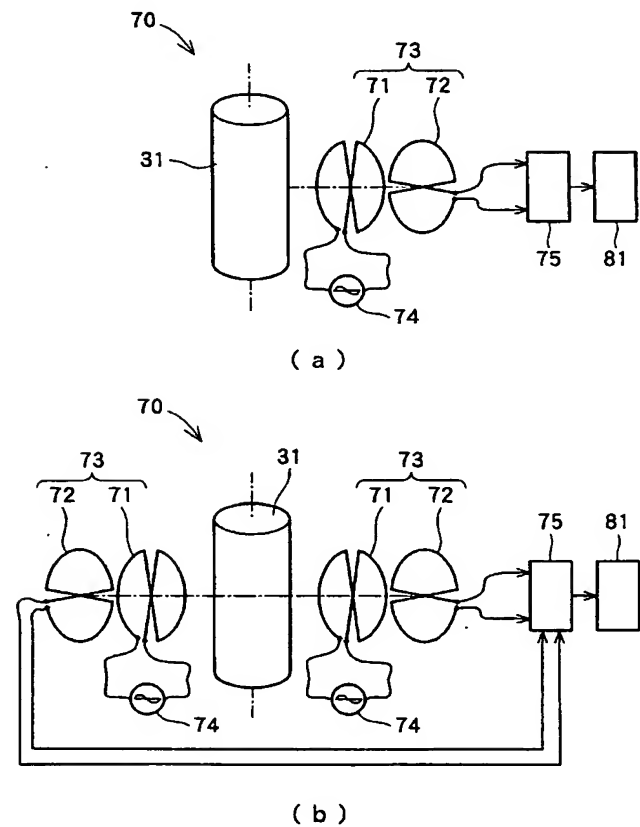
【図1】



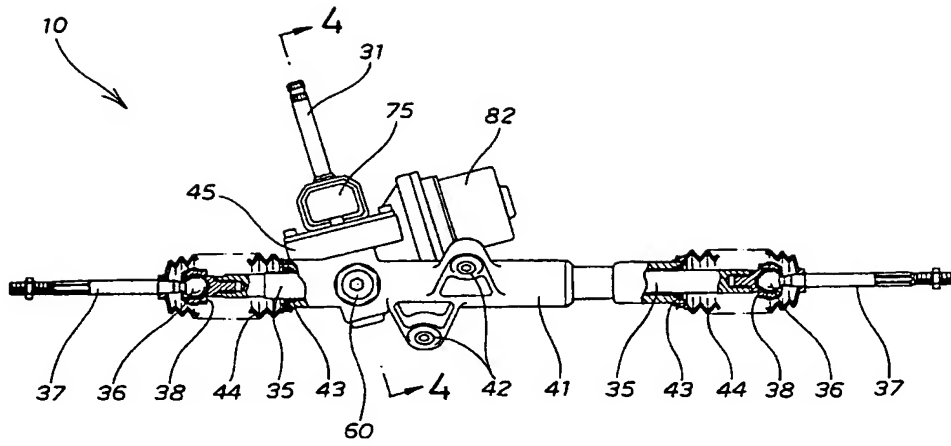
【図10】



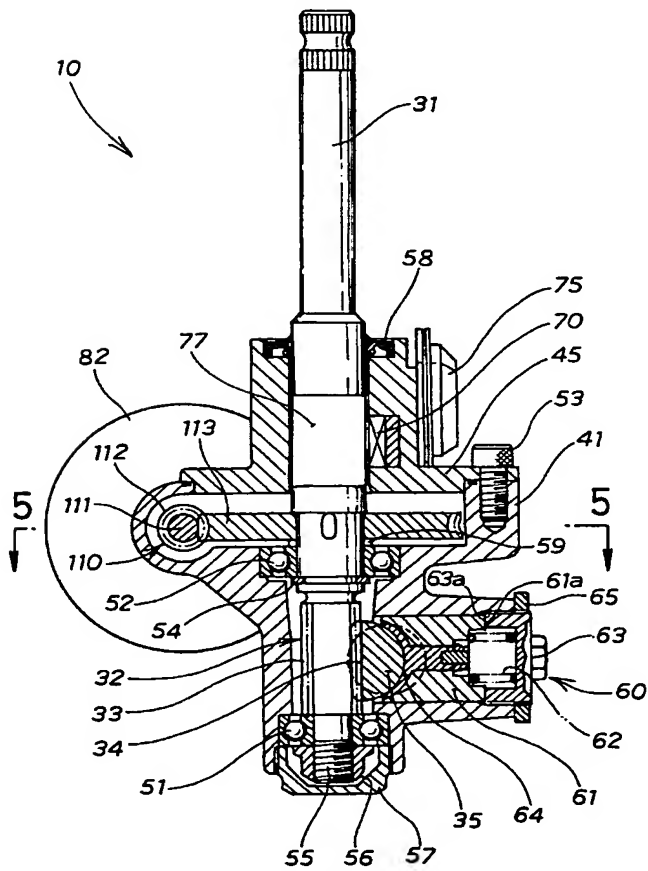
【図2】



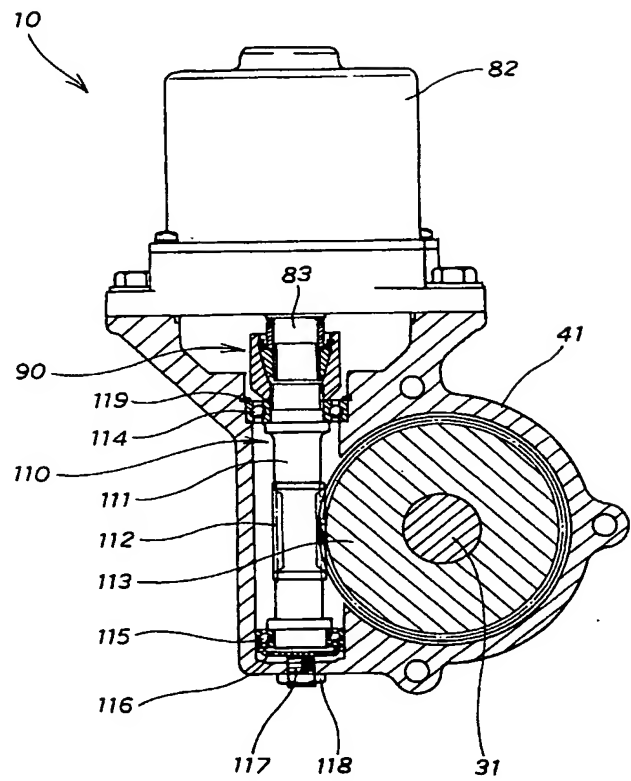
【図3】



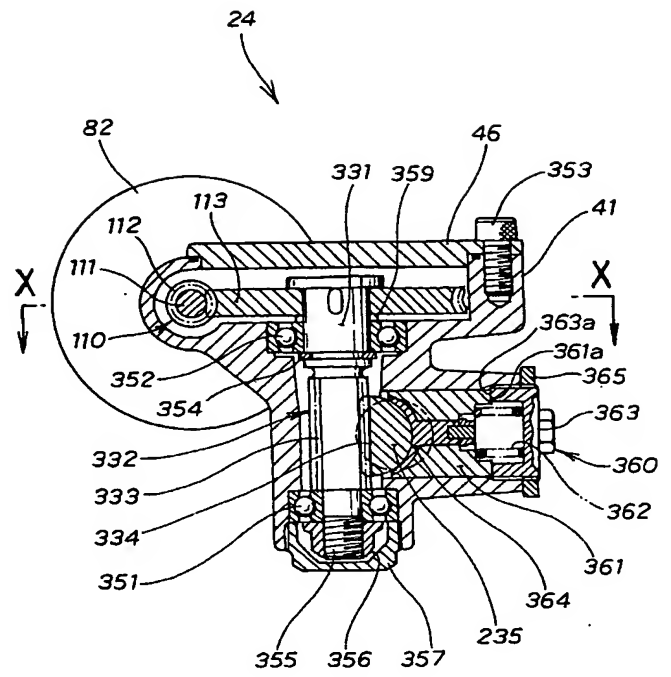
【図4】



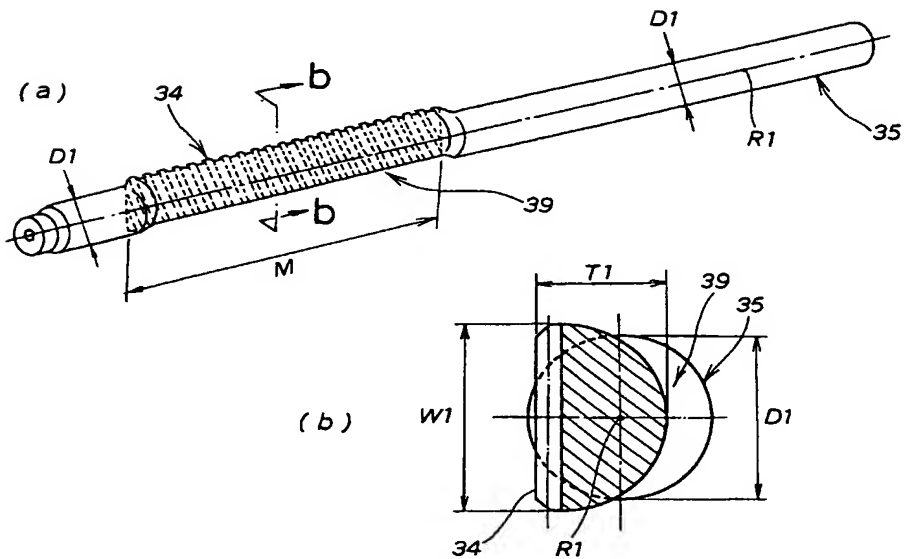
【図5】



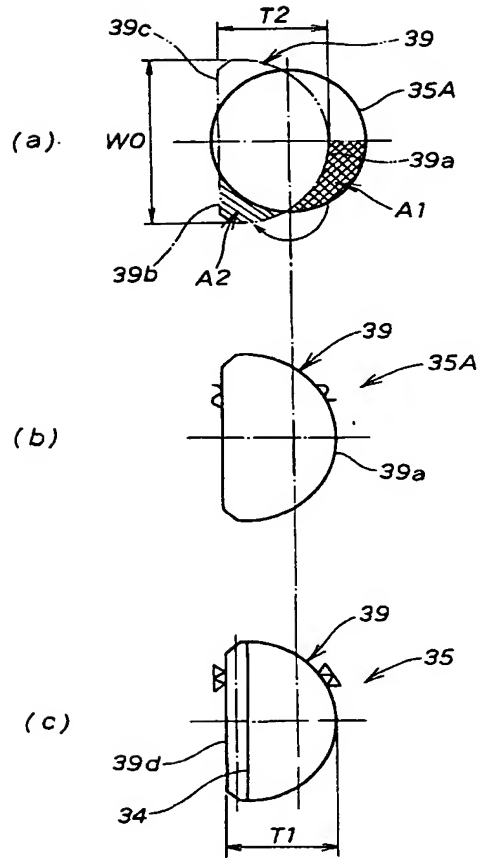
【图 1 6】



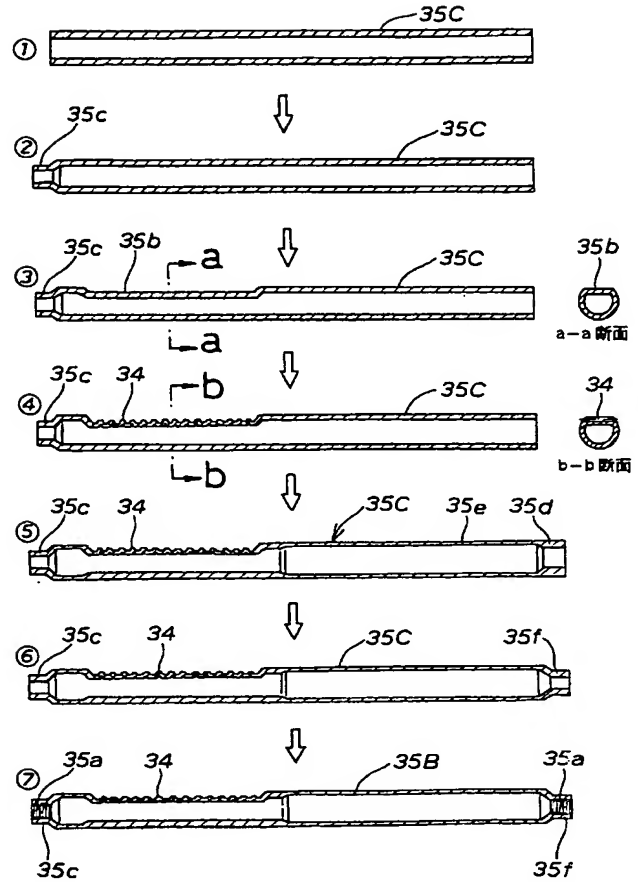
【图7】



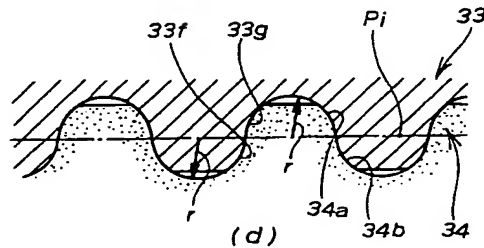
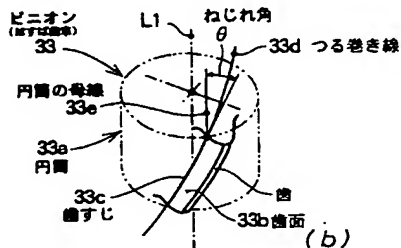
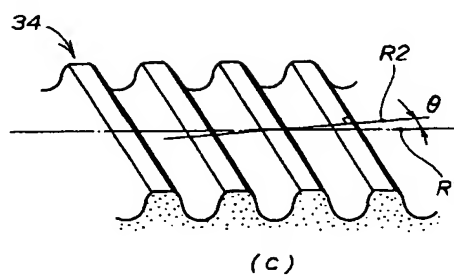
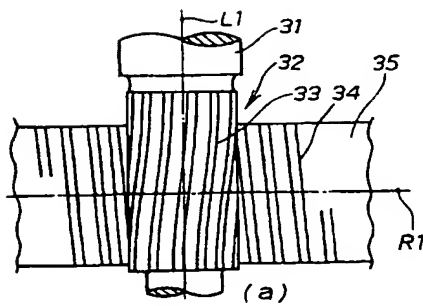
【図8】



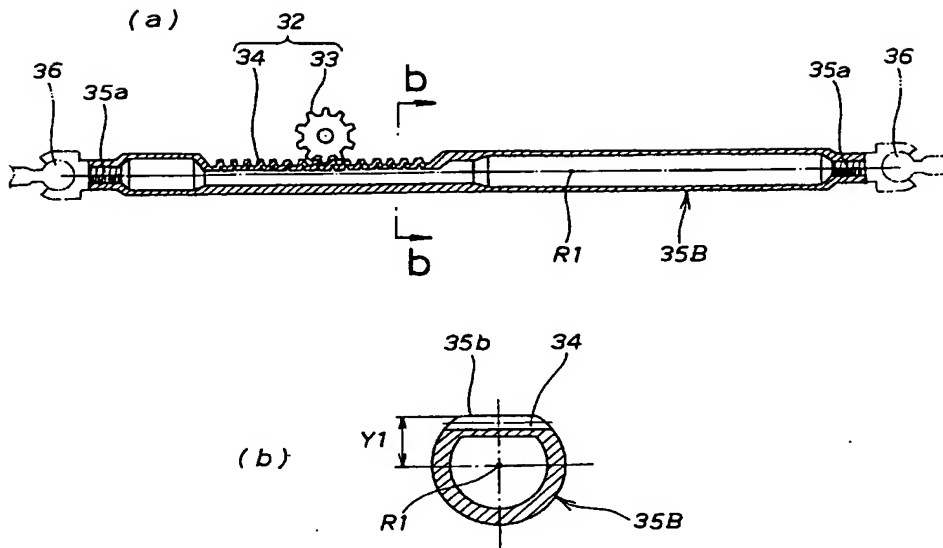
【図12】



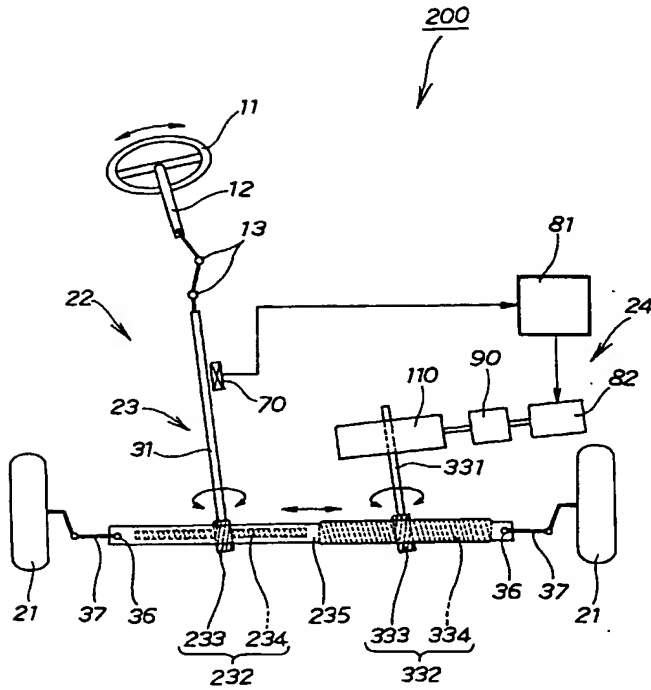
【図9】



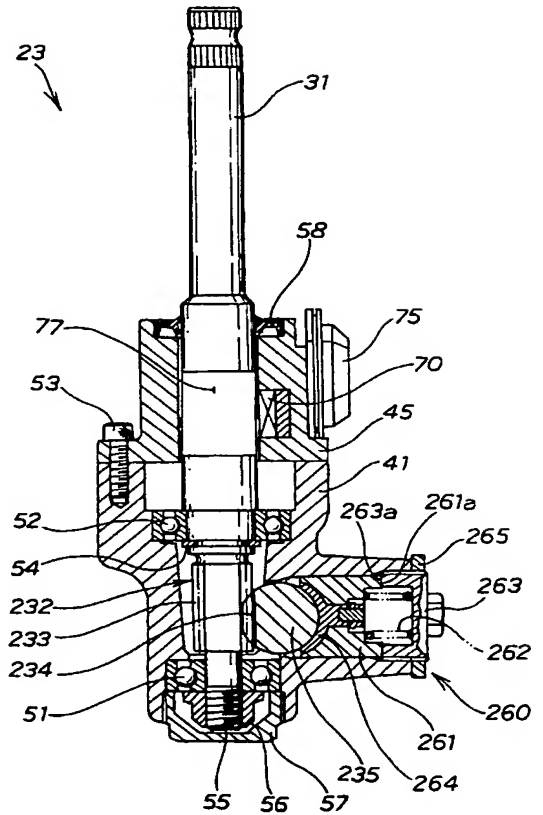
【図11】



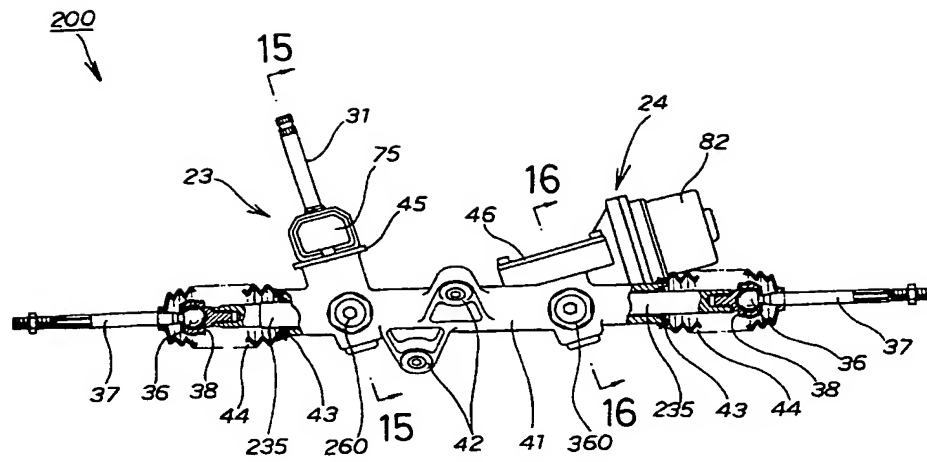
【図13】



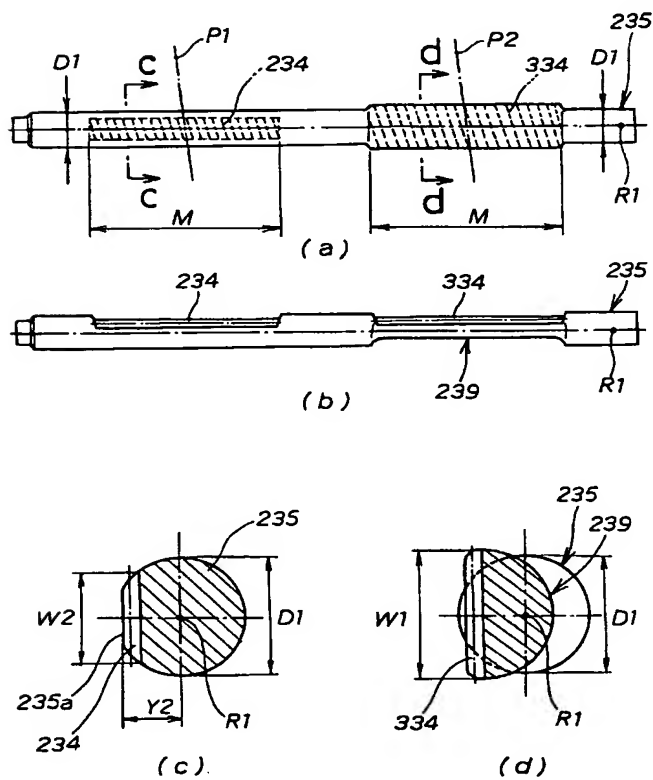
【図15】



【図14】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 勝治
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 山脇 茂
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 米田 篤彦
埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 寺田 泰浩
埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
社本田技術研究所内
F ターム (参考) 3D033 CA04 CA05 JB03
3J030 AC10 BA08 BB07 BB08 BB12
BC06 BD01 BD06 CA10